

**Università degli studi di Catania**  
**FACOLTA' DI SCIENZE FISICHE MATEMATICHE E NATURALI**  
**Corso di laurea in FISICA**

**Nuove tecniche di microdiagnostica  
con scintillatori per fasci ionici di  
bassa intensità**

Tesi di laurea

Alfio Domenico Pappalardo

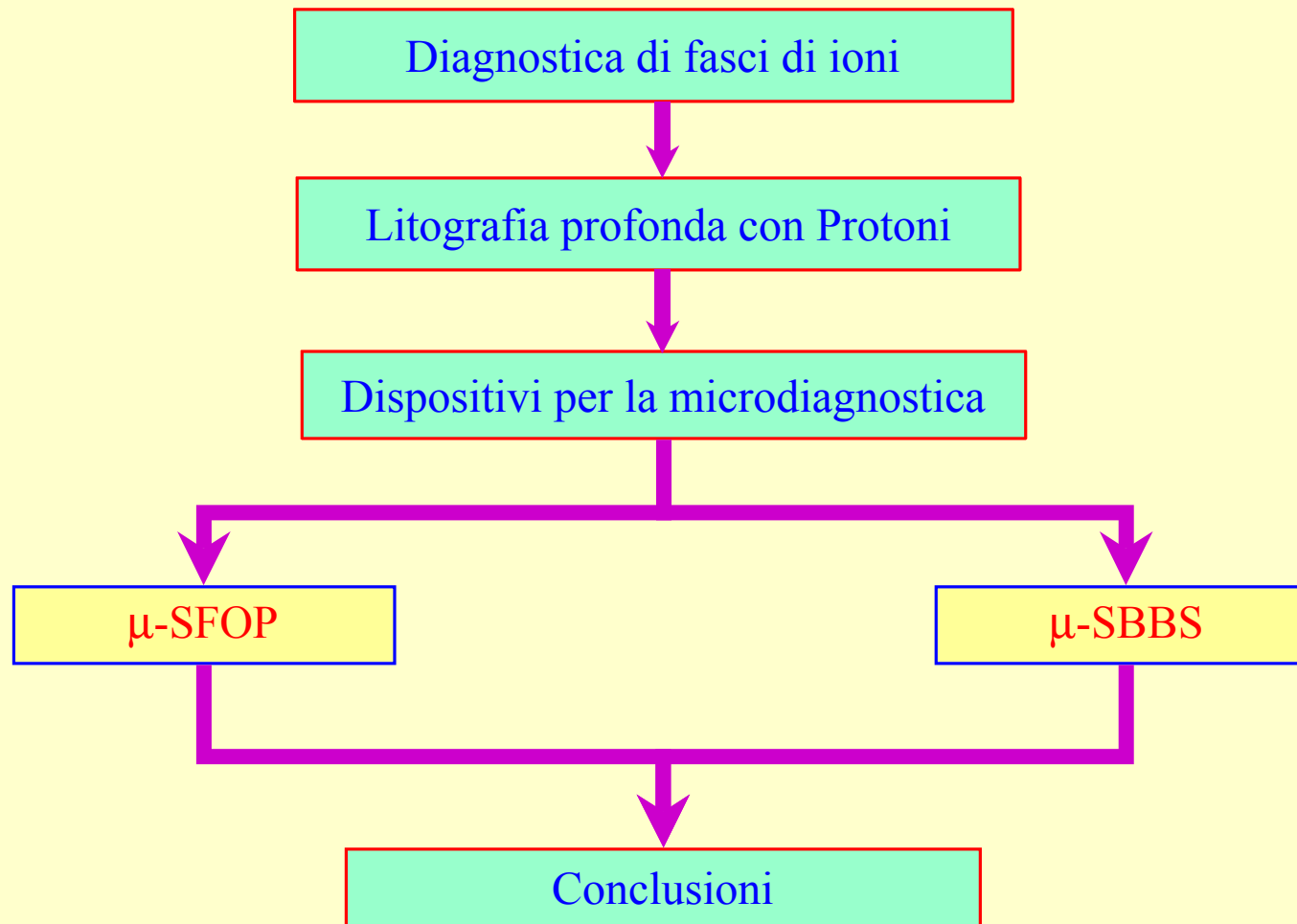
Relatori: Ch.mo Prof G.Bellia

Dr P.Finocchiaro

**Nuove tecniche di microdiagnostica con scintillatori  
per fasci ionici di bassa intensità**

**Esame prelaurea del  
17 Dicembre 2002**

# SOMMARIO



# Diagnostica di fasci di ioni

## Misure:

- Profilo trasverso fascio
- Corrente

Fasci di bassa intensità

Necessità di nuovi dispositivi

## soluzione:

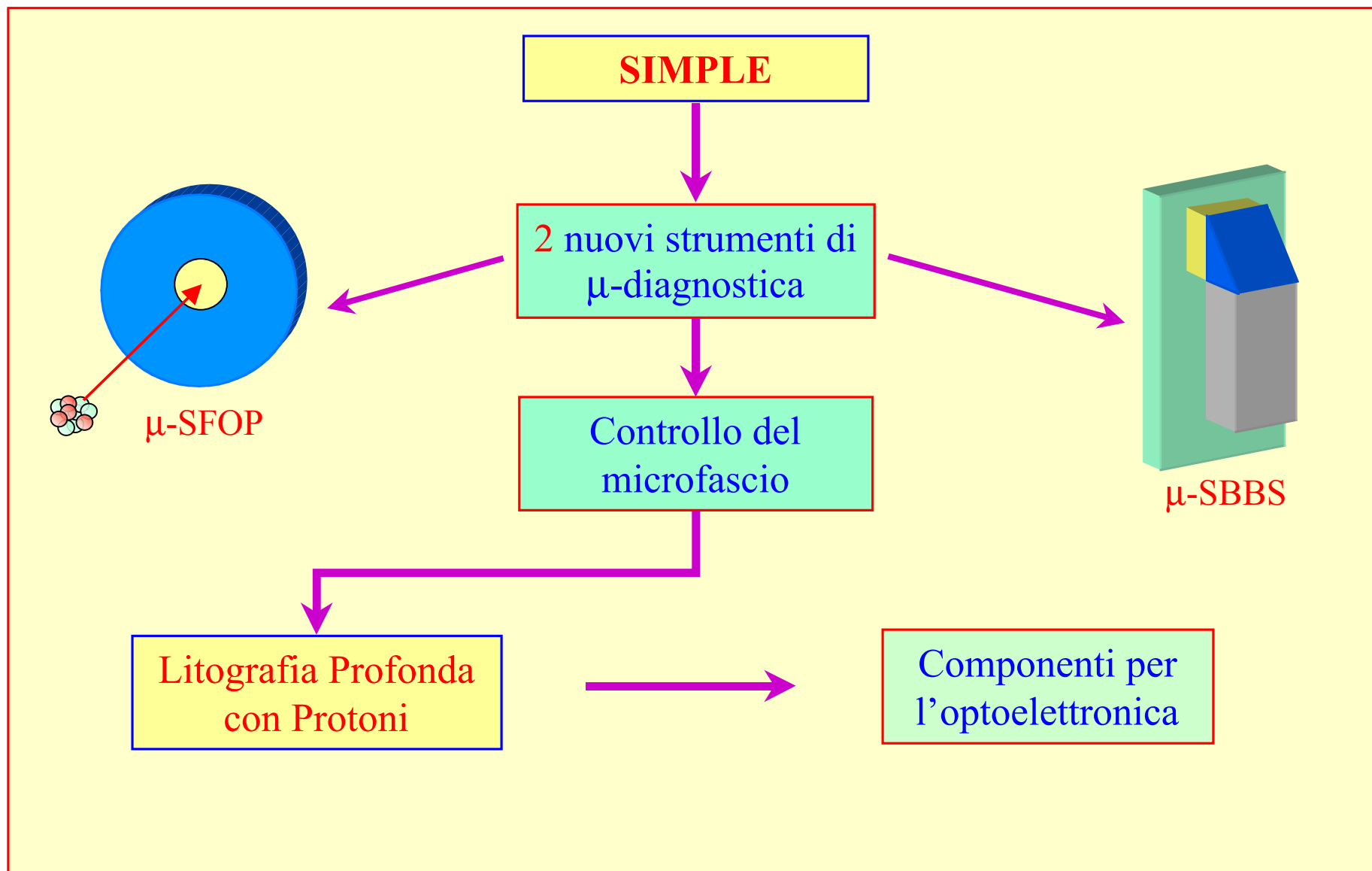
- Aumentare la sensibilità incrementando il segnale

Tecniche disponibili:  
→ Rivelatori di particelle

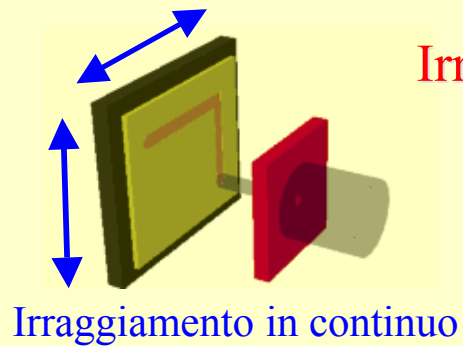
## Scintillatori

- Energia media per produrre un fotone  $\approx 10-100$  eV
- Resistenza a radiazioni/costo: sufficiente per i plastici, ottimo per gli inorganici
- Semplici da usare e affidabili

# Dispositivi di microdiagnostica per la Litografia con Protoni

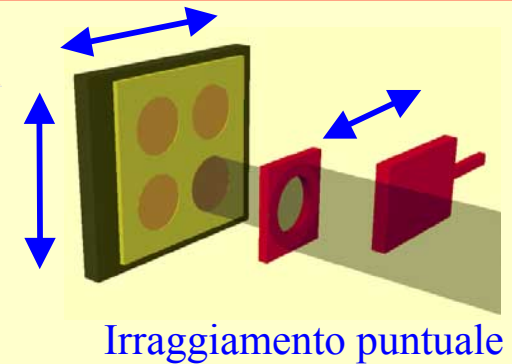


# Il processo di fabbricazione



Irraggiamento col fascio di protoni

L'interazione degli ioni cambia  
le proprietà del campione  
di PMMA

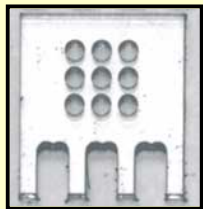


Trattamento chimico

Etching selettivo

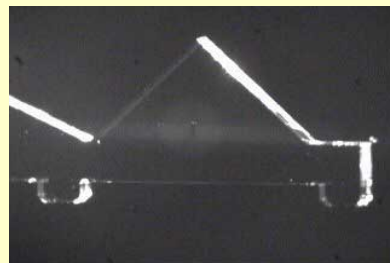
Swelling

2D fiber holders

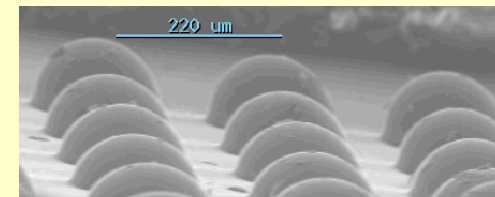


Piedini d'allineamento

Micro-prismi



2D spherical micro-lens arrays



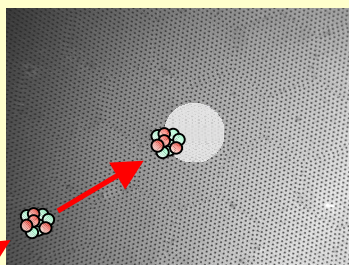
Nuove tecniche di microdiagnostica con scintillatori  
per fasci ionici di bassa intensità

Esame prelaurea del  
17 Dicembre 2002

## Soluzione: utilizzo di strumenti di microdiagnostica

Controllo omogeneità fascio e dose depositata

$\mu$ -SFOP (Scintillating Fiber Optics Plate)

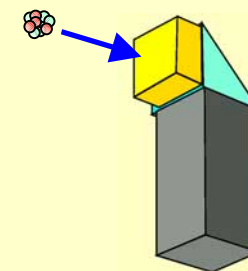


Sensore di microfascio

Imaging

- Tuning del fascio
- Posizione
- Profili
- FWHM

$\mu$ -SBBS (Scintillator Beam Based Sensor)



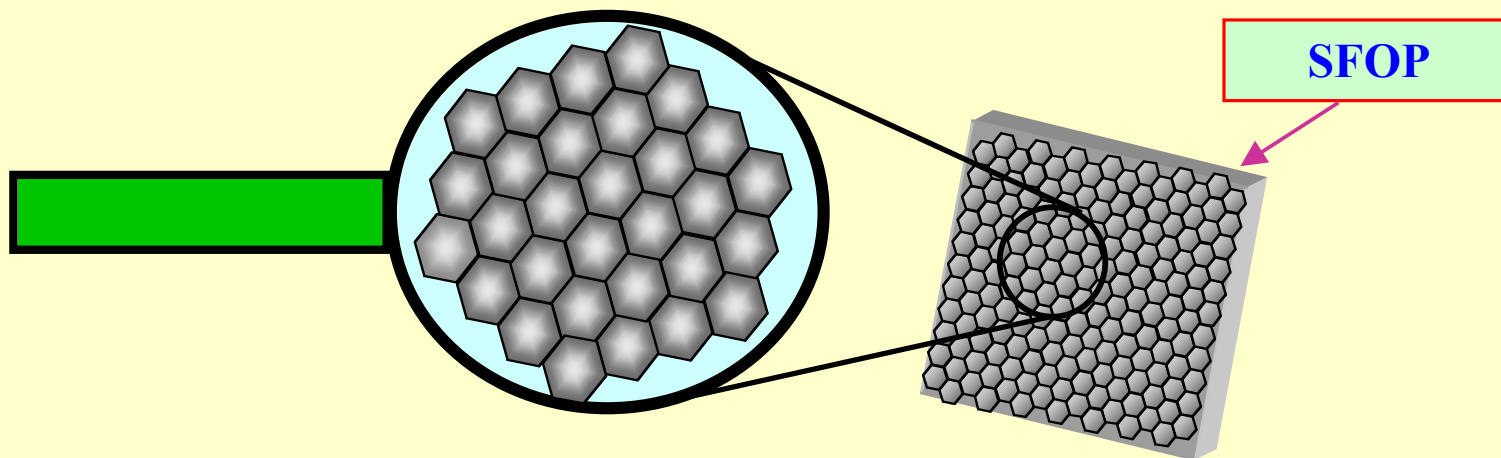
Sensore di microfascio

Tecniche di scansione:

- Profili

Misure di corrente

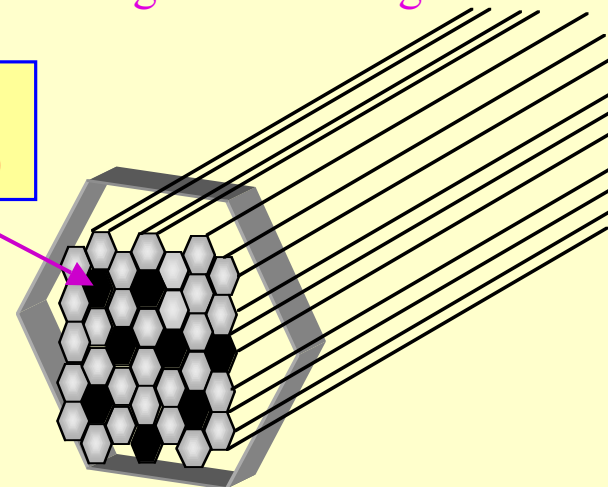
## $\mu$ -SFOP (Scintillating Fiber Optics Plate)



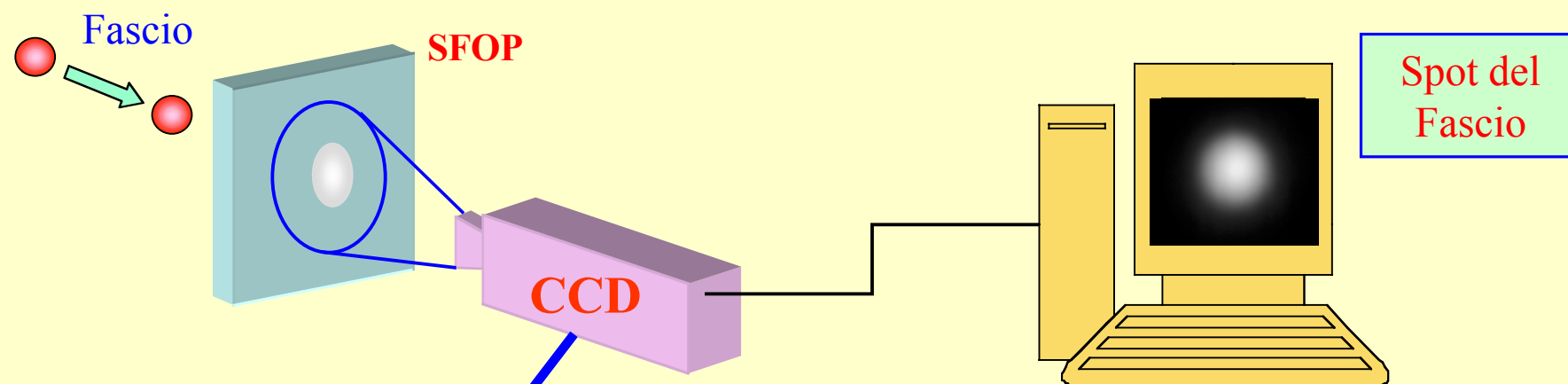
- Fascio di fibre in vetro drogato al Terbio
- Diametro fibre =  $10\ \mu\text{m}$
- Efficienza di scintillazione  $10^4$  fotoni/Mev
- Tempo di decadimento della luce di scintillazione  $\approx 4\ \text{ms}$
- Risoluzione spaziale  $\approx 20\ \mu\text{m}$
- Sensibilità  $< 10^5$  pps (Li @ 52 MeV)

Sezione trasversale di un fascio di fibre al terbio di geometria esagonale

EMA (Extra Mural Absorber)



## Dispositivo SFOP-CCD



Telecamera Watec  
Modello: 902H  
ad elevata  
sensibilità

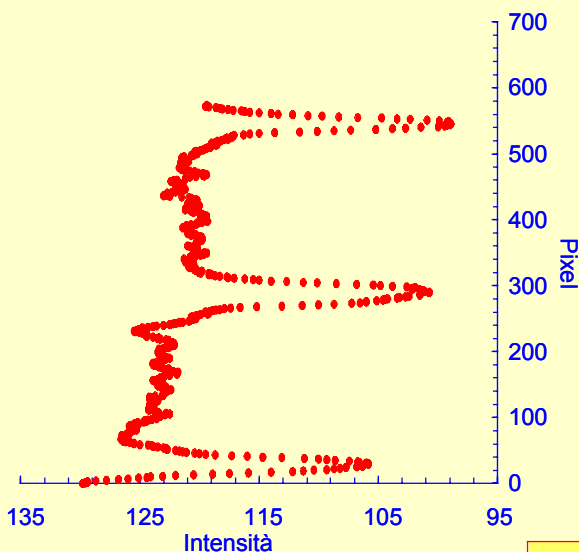
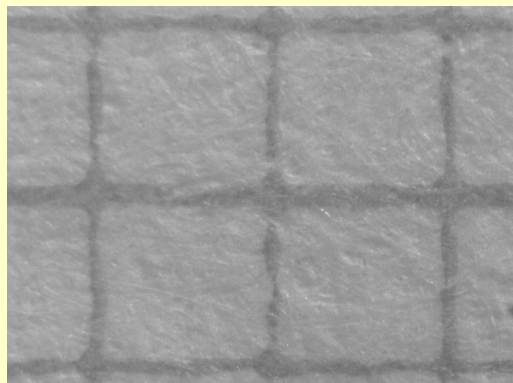
Misure:

- ✓ Posizione
- ✓ Profili
- ✓ FWHM

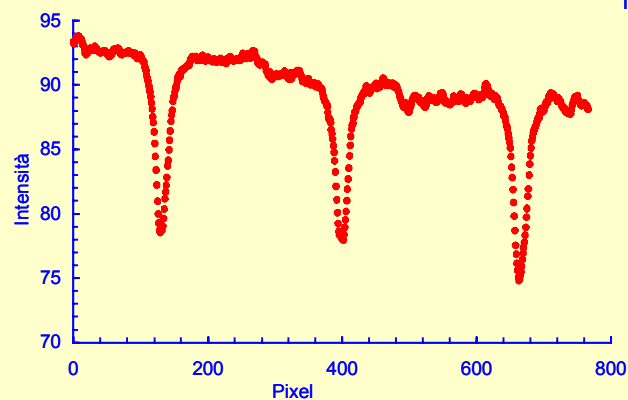
Nuove tecniche di microdiagnostica con scintillatori  
per fasci ionici di bassa intensità

Esame prelaurea del  
17 Dicembre 2002

# SFOP-CCD: calibrazione



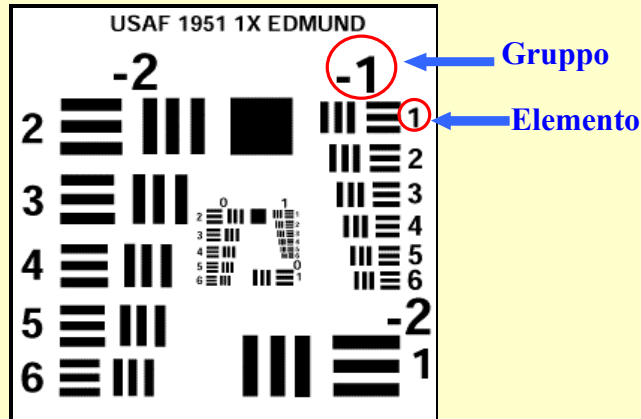
Esempio di schermata  
per la calibrazione



| Distanza<br>Obiet-plate<br>mm | Cal_orizz<br>$\mu\text{m}/\text{pixel}$ | Cal_vert<br>$\mu\text{m}/\text{pixel}$ |
|-------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|
| 90                            | 27.2                                    | 27.9                                   |
| 28                            | 6.1                                     | 6.3                                    |
| 25.5                          | 5.3                                     | 5.4                                    |
| 24                            | 4.6                                     | 4.8                                    |
| 22                            | 4.1                                     | 4.2                                    |
| 21                            | 3.7                                     | 3.8                                    |

# Risoluzione spaziale del sistema

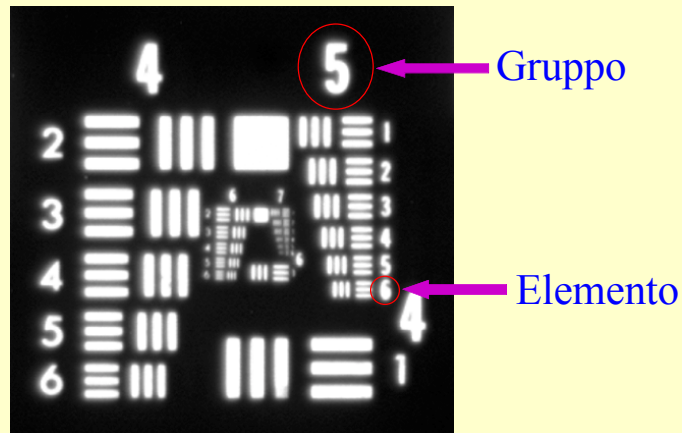
Test USAF 1951



NUMERO DI LINEE / MM IN USAF RESOLVING POWER TEST  
TARGET 1951

| Group Number |       |       |      |      |      |       |       |      |       |
|--------------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|------|-------|
| Element      | -2    | -1    | 0    | 1    | 2    | 3     | 4     | 5    | 6     |
| 1            | 0.250 | 0.500 | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 8.00  | 16.00 | 32.0 | 64.0  |
| 2            | 0.280 | 0.561 | 1.12 | 2.24 | 4.49 | 8.98  | 17.95 | 36.0 | 71.8  |
| 3            | 0.315 | 0.630 | 1.26 | 2.52 | 5.04 | 10.10 | 20.16 | 40.3 | 80.6  |
| 4            | 0.353 | 0.707 | 1.41 | 2.83 | 5.66 | 11.30 | 22.62 | 45.3 | 90.5  |
| 5            | 0.397 | 0.793 | 1.59 | 3.17 | 6.35 | 12.70 | 25.39 | 50.8 | 102.0 |
| 6            | 0.445 | 0.891 | 1.78 | 3.56 | 7.13 | 14.30 | 28.50 | 57.0 | 114.0 |

Immagine acquisita al  
massimo ingrandimento

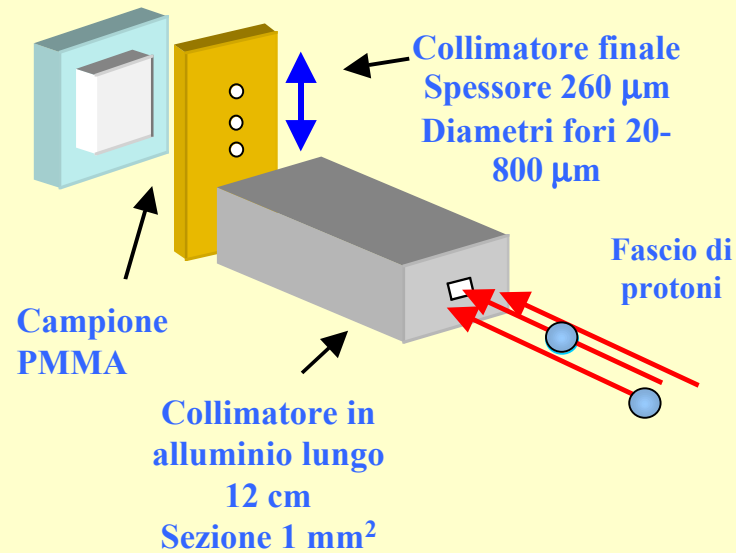


$$\text{Risoluzione} = 2^{\text{Gruppo} + (\text{elemento} - 1)/6} \text{ [linee/mm]}$$

Risoluzione del sistema

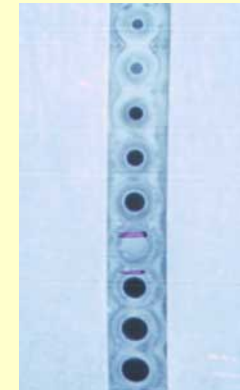
57 linee/mm → ~18 micron

## Set-up d'irraggiamento

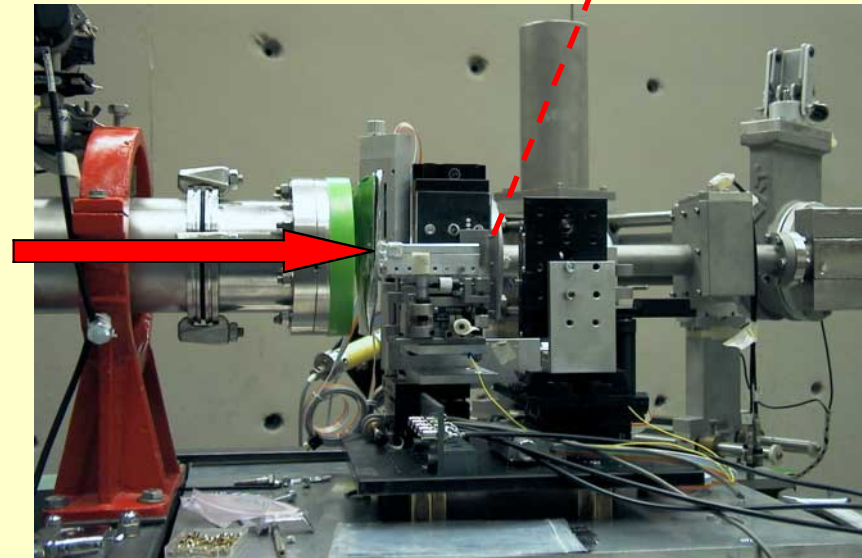


Con tale set-up sono stati registrati ed analizzati un centinaio di immagini e profili in diverse condizioni sperimentali.

**Fascio di protoni da 11 Mev**



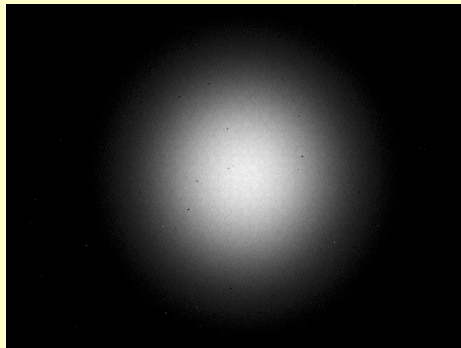
**Dettaglio del collimatore finale**



# Immagini del fascio di protoni da 11 MeV

Minimo ingrandimento  
Calibrazione 27.2  $\mu\text{m}/\text{pixel}$

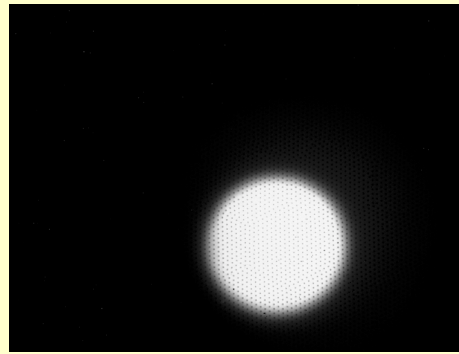
Immagine del fascio  
non collimato



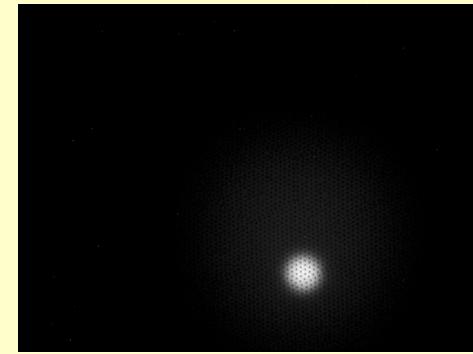
FWHM = 7.3 mm  
 $I \approx 5 \text{ pA}$

Immagini a 256  
livelli di grigio

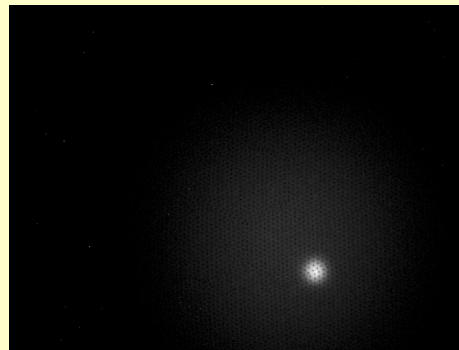
Massimo ingrandimento  
Calibrazione 3.7  $\mu\text{m}/\text{pixel}$



$\Phi = 800 \mu\text{m}$   
 $I < 10 \text{ pA}$



$\Phi = 200 \mu\text{m}$   
 $I < 0.05 \text{ pA}$



$\Phi = 100 \mu\text{m}$   
 $I < 0.05 \text{ pA}$



$\Phi = 50 \mu\text{m}$   
 $I < 0.01 \text{ pA}$

Nuove tecniche di microdiagnostica con scintillatori  
per fasci ionici di bassa intensità

Esame prelaurea del  
17 Dicembre 2002

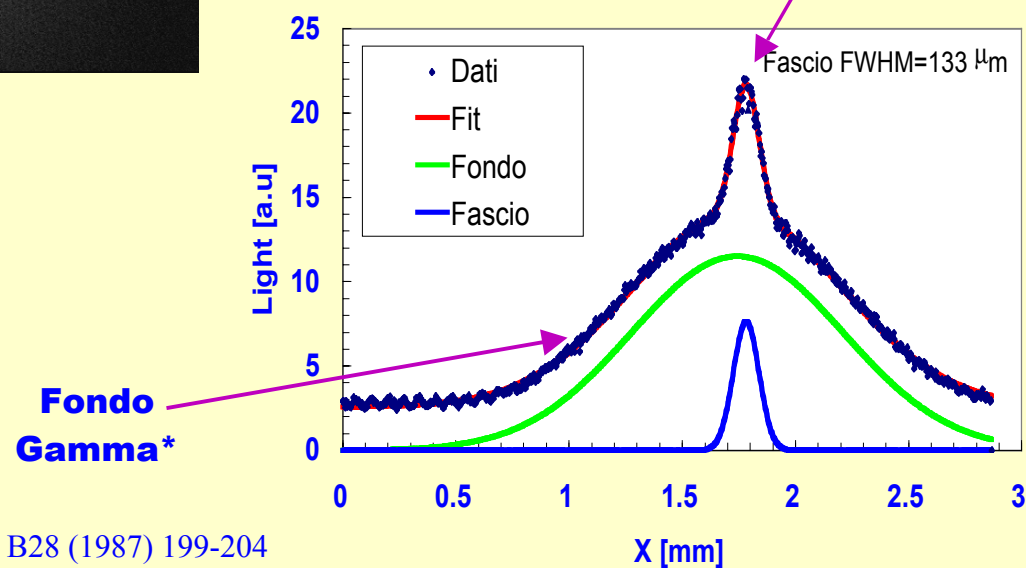
## Profilo spot luminoso



$\Phi = 150\mu\text{m}$   
 $I < 1\text{pA}$

Proiezione lungo  
l'asse x

Fascio



\* J. Raisanen et al. NIM B28 (1987) 199-204

## DISPOSITIVO $\mu$ -SBBS: tecnica di scansione

FASCIO

Scintillatore  
CsI(Tl)  
 $1 \times 1 \times 0.2 \text{ cm}^3$

PMT  
Hamamatsu  
5783

Soluzione  
ideale

Fenditure  
 $20 \mu\text{m}$

Direzione  
scansione

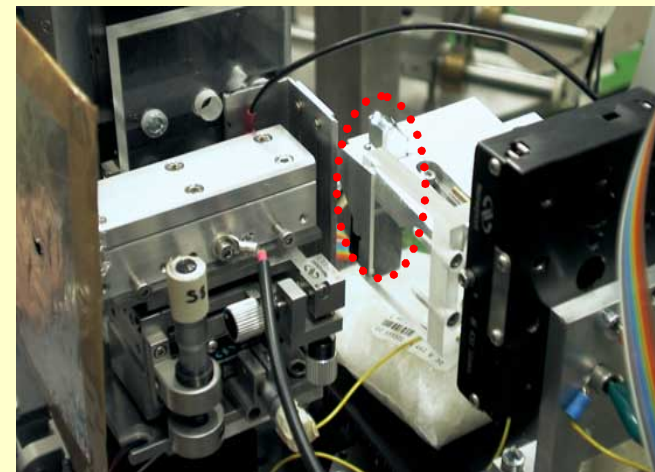
Maschera  
in nichel

Set-up sperimentale di  $\mu$ -SBBS

Soluzione  
adottata

Lama triangolare  
in alluminio

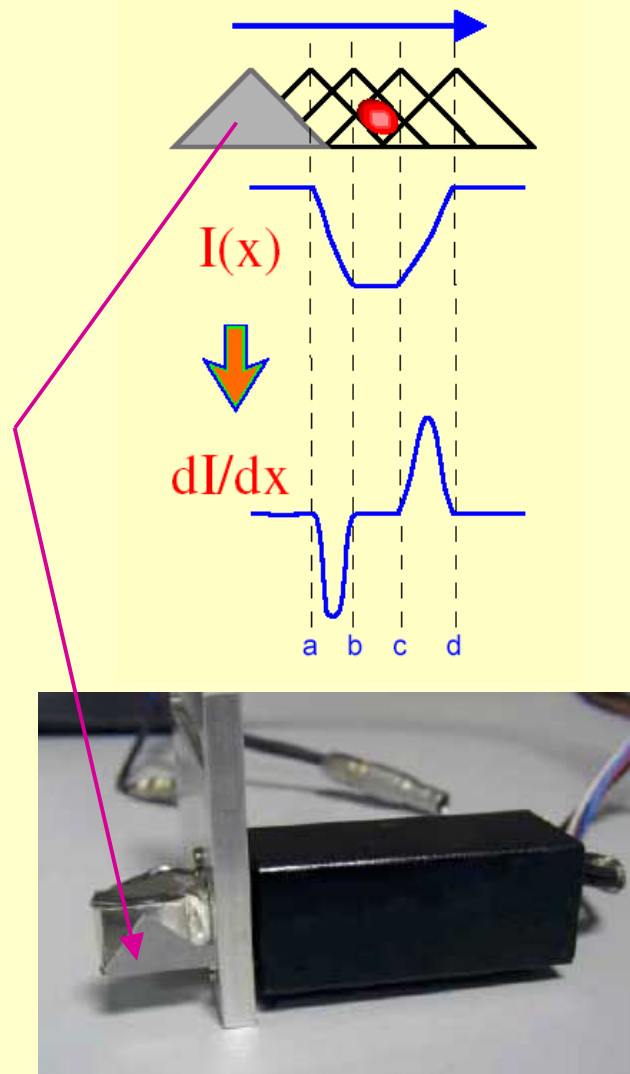
Direzione  
scansione



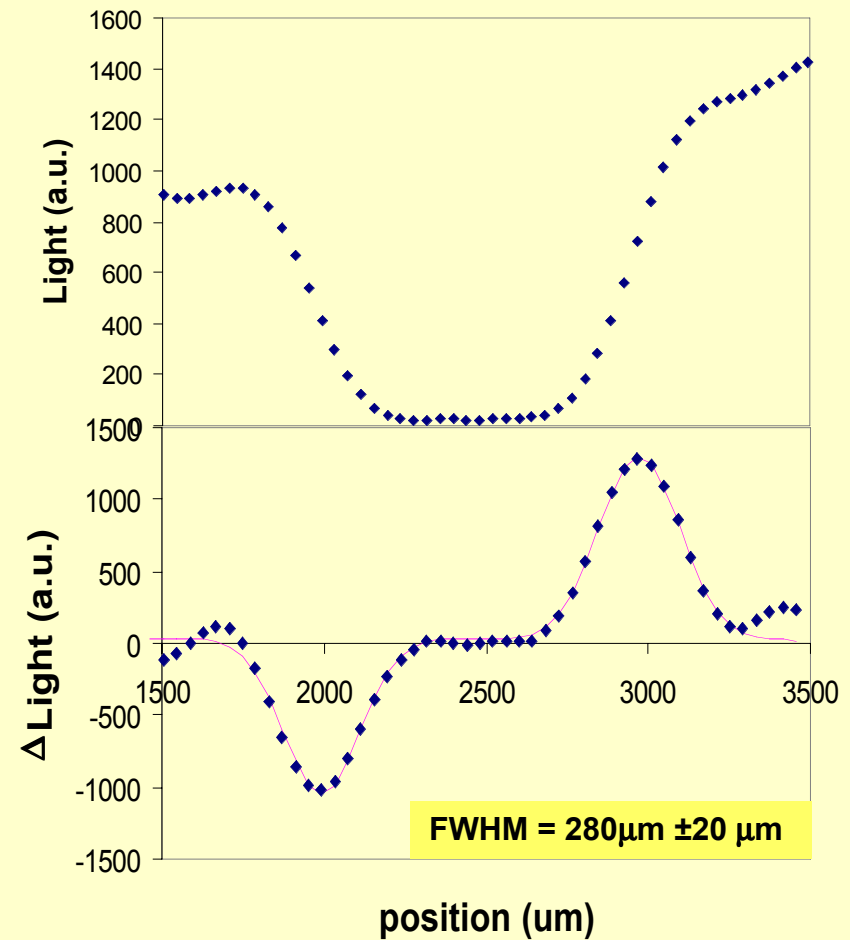
Nuove tecniche di microdiagnostica con scintillatori  
per fasci ionici di bassa intensità

Esame prelaurea del  
17 Dicembre 2002

## $\mu$ -SBBS: Scansione del fascio



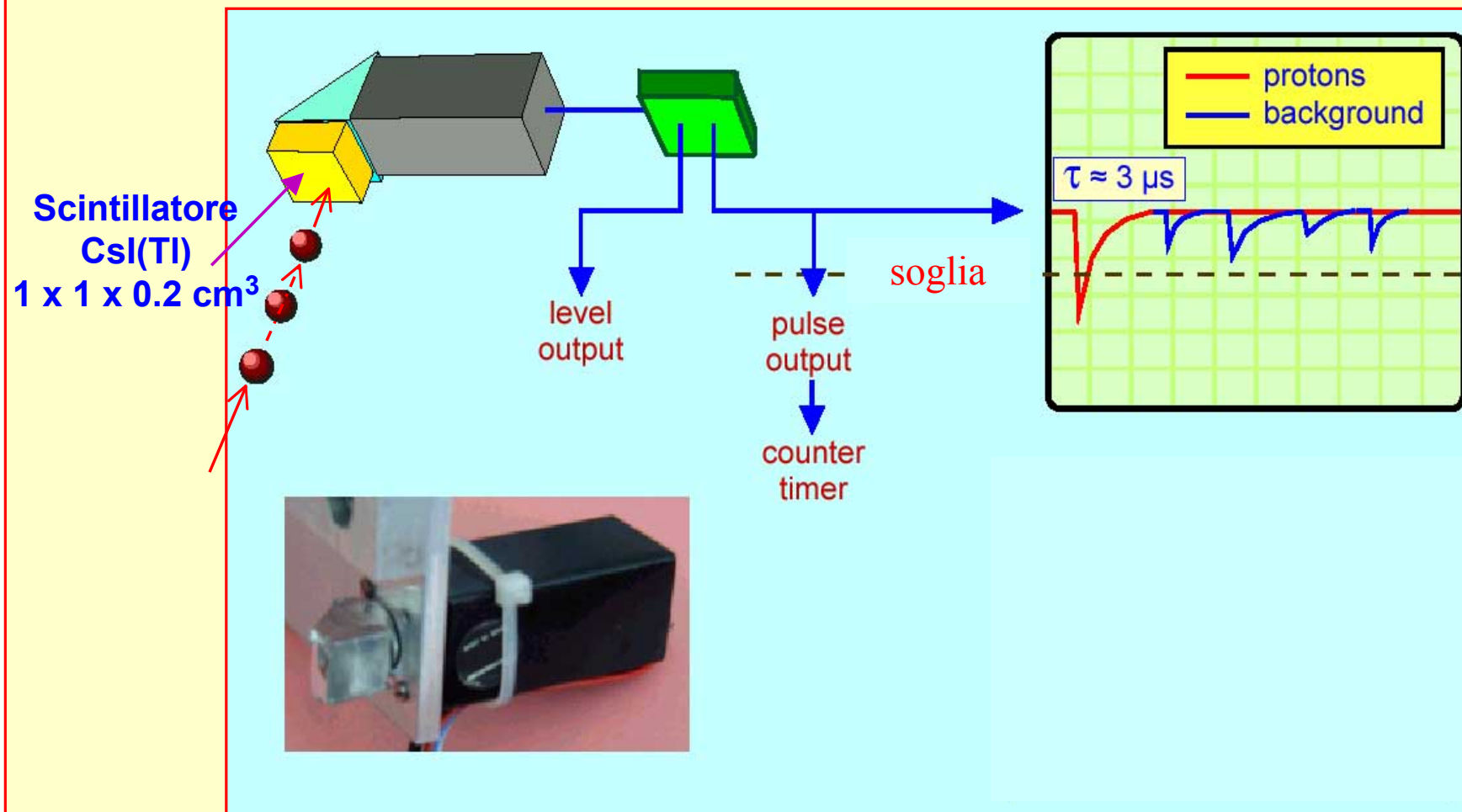
$\mu$ -SBBS



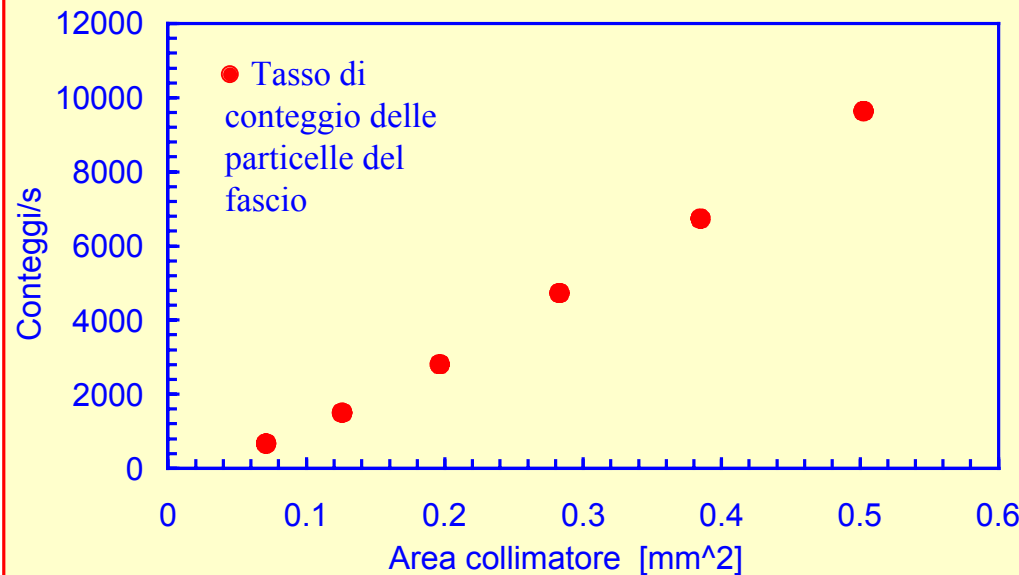
Nuove tecniche di microdiagnostica con scintillatori per fasci ionici di bassa intensità

Esame prelaurea del  
17 Dicembre 2002

## Dispositivo $\mu$ -SBBS: come sensore di corrente del fascio



## $\mu$ -SBBS: misura d'intensità del fascio

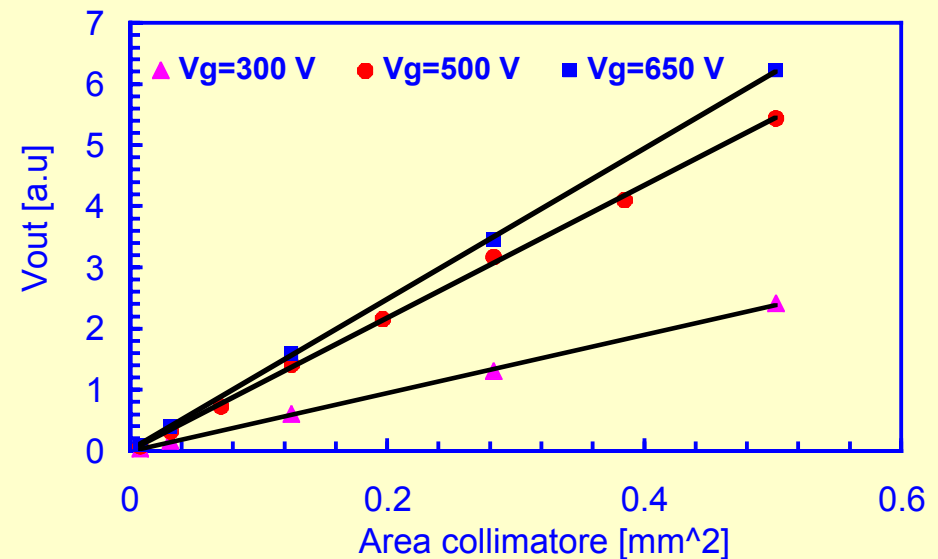


Conteggio delle particelle

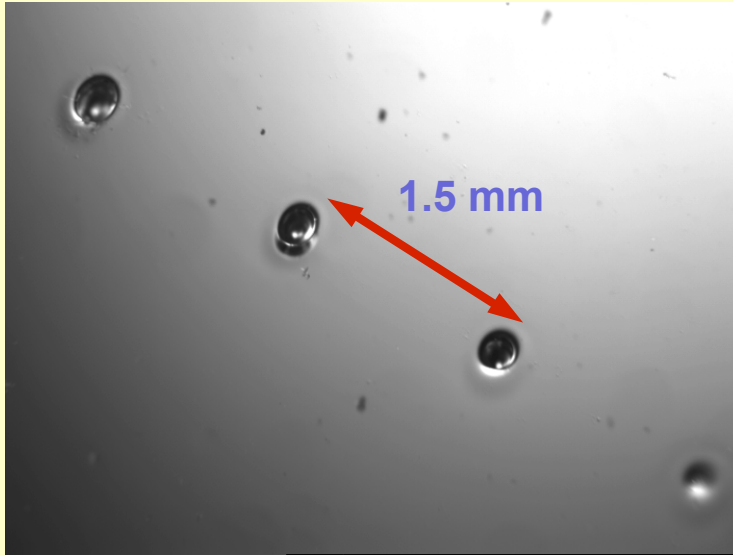
Misura corrente PMT

Le misure nei due casi sono state eseguite con intensità di fascio differenti.

Segnale SBBS in funzione dell'area collimatore



## Irraggiamento PMMA



Campione di PMMA:  
Spessore = 500  $\mu\text{m}$   
Energia fascio primario 11 MeV

## Conclusioni

- ✓ Sono stati sviluppati e testati due dispositivi per la microdiagnostica,  $\mu$ -SFOP e  $\mu$ -SBBS.
- ✓  $\mu$ -SFOP, è in grado di registrare immagini di fascio di poche decine di micron;
- ✓  $\mu$ -SFOP è di grande aiuto nell'operazione iniziale di tuning del fascio.
- ✓  $\mu$ -SFOP ha apportato un notevole contributo allo sviluppo della Litografia Profonda con Protoni
- ✓  $\mu$ -SBBS, ha permesso la misura di correnti molto basse, dell'ordine delle decine di fA
- ✓  $\mu$ -SBBS, ha permesso di eseguire un conteggio delle singole particelle per intensità di fascio al disotto di  $10^5$  pps